

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2011230800

UDC_____

厦门大学

工 程 硕 士 学 位 论 文

三维城市规划辅助决策支持系统的
设计与实现

Design and Implementation of Three-dimensional Urban
Plan Assisted Decision-making System

李鸿祥

指导教师: 吴清锋 副教授

专业名称: 软件工程

论文提交日期: 2013 年 10 月

论文答辩日期: 2013 年 11 月

学位授予日期: 2013 年 月

指导教师: _____

答辩委员会主席: _____

2013 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

城市规划三维辅助决策支持系统融合了当前三维地理信息系统（3DGIS）技术、地理信息系统（GIS）技术、图形图像处理技术、空间数据库技术等多项前沿技术。解决和实现了多数据源的集成、LOD 算法、纹理压缩、交互式操作、大数据量图像的实时渲染和绘制、大数据量的动态调度和管理、三维空间分析和索引等技术难题，能够实现海量数据三维景观模型的建设。

本文在深入了解城市规划业务所需的数据和应用需求后，在数据层面，对于系统应用所需的三维模型数据，采用机载 Lidar 技术和倾斜航空摄影技术相结合的方式快速实现城市的三维实景建模，大大提高了三维模型的制作效率。在整合现有规划专题数据的基础上，利用三维 GIS 软件平台 Skyline，建立包含地形和景观的实景三维。根据城市规划所需功能，再利用平台提供的 API 程序接口和 COM 组件，扩展 COM 组件的 API 接口，灵活封装相关功能，开发出三维规划辅助决策支持系统。该系统的实现，可以使政府规划管理部门、工程建设部门、项目开发部门、以及城市居民可以全方位、多视角、实时互动地对规划方案及效果进行观看与了解，得到真实全面的感官体验，拉近了非专业人士与专业人士之间的距离。同时也为各部门之间进行探讨交流提供了统一的平台，有利于快速发现问题、相互协作达成共识以及协商完善与解决设计中的不足和缺陷，从而有效完善规划内容、提高规划质量、加快规划进度。

系统根据城市的当前状况和对城市的未来规划，将城市的过去、现在和未来任意时间的情况展示在规划设计者、政府决策者、投资开发商和普通市民面前。其魅力不仅仅在于实时、交互式的三维功能，还在于它在此基础上提供了其他传统表现方式无法提供的、崭新的信息交流界面；在从不同角度亲身遍历三维空间的同时，通过实时三维场景调整、信息查询以及利用多媒体信息集成技术，为方案推敲、设计思想、设计特点以及相关信息的展示提供科学的依据和参考，帮助有关人员做出正确和科学的决策。

关键词：三维 GIS；辅助决策；机载 Lidar；倾斜航空摄影

Abstract

Three-dimensional urban planning decision support systems are well integrated with the current three-dimensional Geographic Information System (3D GIS) technology, geographic information system (GIS) technology, graphics and image processing technology, spatial database technology and many other cutting-edge technologies. It can solve and realize the integration of multiple data sources, LOD algorithm, texture compression, interactive operation, large amounts of image data in real-time rendering, large amount of data of dynamic scheduling and management, three-dimensional spatial analysis and index technical, etc. The system can also achieve and construct 3D landscape model based on massive data.

After understanding the business needs of urban planning data and application requirements, the 3D model data for system application that using airborne Lidar technology and oblique aerial photography technology can quickly realize the city's three-dimensional real-time modeling at the data level, which improving the production efficiency greatly. On the basis of the integration of the existing planning thematic data, the real three-dimensional topography and landscape model is established using 3D GIS software platform Skyline. Then according to the required function of planning department, the development of three-dimensional planning aided decision support system is Implemented using the platform API interface program, COM components, extend COM component API interface, and flexible packaging related functions. The implementation of the system can make the government such as planning management department, construction department, project department, and urban residents to watch the effect of the planning scheme and the real-time interaction and understanding in the omni-directional and multiple points of view, which can closer the distance between amateurs and professionals. It provided a unified platform for communication between the departments, which will be easier to find the problem, collaborate and negotiate perfect, solve the shortages and defects in the design, so as to effectively improve the planning content, the quality of planning and speed up the progress.

According to the city's current status and future plans, the system showed the past, present and future situation of the city at any time to the planning of the designer, government policy makers, developers and the general public. Its charm is not only in real-time, interactive 3D function, but also provide new information exchange interface that traditional ways can't realize. Look at the 3D scene from different perspectives, through real-time three-dimensional scene adjustments, information query and the use of multimedia information integration technology. It provided scientific basis and reference for project review design idea, design characteristics, relevant information display as well as to help the people making correct and scientific decision.

Key Words: 3D GIS; Decision Support; Airborne Lidar; Oblique Aerial Photography

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 三维 GIS 在规划行业应用进展	2
1.3 研究目标及意义	3
1.4 研究内容	3
1.5 论文研究创新点	4
1.6 论文的组织结构	5
第 2 章 三维 GIS 技术	6
2.1 地理信息系统	6
2.2 三维 GIS 的特点	7
2.3 实景三维建模技术	8
2.4 大规模场景数据获取、组织及调度方法	9
2.5 COM 组件与.NET 组件互操作	10
2.6 三维城市规划辅助决策支持应用系统的构建	11
2.7 三维 GIS 软件	12
2.7.1 国内外主流三维 GIS 平台介绍	13
2.7.2 国内外三维 GIS 平台对比	15
2.8 本章小节	16
第 3 章 系统分析与总体框架设计	17
3.1 系统需求分析	17
3.1.1 现状分析	17
3.1.2 系统的实施目标	18
3.1.3 系统的需求	19
3.1.4 系统的非功能需求	20
3.2 系统总体设计	21

3.2.1 系统总体设计	21
3.2.2 系统网络结构设计	23
3.2.3 功能模块设计	23
3.3 系统开发模式及软硬件需求	24
3.3.1 系统软件体系	24
3.3.2 系统软件体系结构的选择	25
3.3.3 系统硬件需求	26
3.4 本章小结	27
第 4 章 三维建模及场景建立	28
4.1 三维建模方式	28
4.2 机载 LIDAR 建模	28
4.3 机载 LIDAR 技术概述	29
4.3.1 机载 Lidar 简介	29
4.3.2 机载 Lidar 系统组成	30
4.3.3 机载 Lidar 的特点及优势	31
4.4 倾斜航空摄影技术概述	31
4.4.1 倾斜航空摄影简介	32
4.4.2 倾斜航空摄影的工作原理	32
4.4.3 倾斜摄影技术特点	33
4.5 三维建模	34
4.5.1 三维建模技术路线	34
4.5.2 基础地形数据的生产	36
4.5.3 三维实景模型的生产	39
4.6 三维场景建设	45
4.7 本章小节	47
第 5 章 三维模型及场景数据的组织	48
5.1 三维模型及场景数据的特点	48
5.2 基于空间数据接口规范标准的数据获取	49
5.2.1 空间数据互操作的接口规范（OGC）	49

5.2.2 网络影像服务 (WMS)	50
5.2.3 网络矢量数据服务 (WFS)	51
5.2.4 基于 Skyline 的空间数据互操作的接口规范	51
5.3 基于层次细节模型 (LOD) 的数据组织方式	52
5.3.1 LOD 技术	52
5.3.2 LOD 模型生成算法	53
5.3.3 三维 GIS 中 LOD 技术的应用	54
5.4 基于“流”方式的网络 3D GIS 数据传输技术	55
5.4.1 流媒体技术概述	55
5.4.2 流媒体技术在 3D GIS 中的应用	55
5.5 基于 JPEG2000 的高效数据压缩方式	56
5.5.1 JPEG2000 技术概述	56
5.5.2 3D GIS 中 JPEG2000 数据压缩技术的应用	57
5.6 本章小结	58
第 6 章 三维规划辅助决策支持系统实现	59
6.1 系统关键技术的实现	59
6.1.1 组件式 GIS 技术应用	59
6.1.2 三维系统平台-Skylinesoft Terrasuite	60
6.1.3 Skyline 软件支持二次开发	62
6.2 系统功能实现	62
6.3 三维交互浏览	63
6.4 三维对象编辑	66
6.4.1 快速建模	66
6.4.2 DEM 编辑	67
6.4.3 创建三维标注	67
6.4.4 模型快速导入更新功能	68
6.5 空间量测	68
6.5.1 水平距离测量	68
6.5.2 空间距离测量	69

6.5.3 垂直距离测量.....	69
6.5.4 面积测量.....	70
6.6 规划信息查询与方案评审	71
6.6.1 总平面图导入.....	71
6.6.2 规划方案比较.....	72
6.6.3 二三维联动.....	73
6.6.4 建筑体量调整.....	74
6.6.5 规划指标计算.....	74
6.6.6 规划信息查询.....	75
6.6.7 空间信息查询.....	76
6.6.8 统计分析.....	76
6.7 规划辅助决策分析	76
6.7.1 对比分析功能.....	76
6.7.2 天际线分析.....	77
6.7.3 日照分析.....	78
6.7.4 通视分析.....	80
6.7.5 视域分析.....	80
6.7.6 立面和剖面分析.....	81
6.7.7 拆迁分析.....	81
6.7.8 控高分析.....	82
6.8 本章小节	82
第 7 章 总结与展望	83
7.1 总结	83
7.2 展望	83
参考文献	85
致 谢.....	87

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research Background	1
1.2 Three-dimensional GIS Application Progress in The Planning Sector.....	2
1.3 Research Objectives and Significance	3
1.4 Research Contents	3
1.5 The Structure of this Dissertation	4
1.6 The Innovation of this Dissertation.....	5
Chapter 2 3D GIS Technologies	6
2.1 Geographic Information System	6
2.2 The Characteristics of 3D GIS.....	7
2.3 Real-Time Three-Dimensional Modeling Technology	8
2.4 Data Acquisition ,Organization and Schedule Of Massive 3D Scene	9
2.5 Interoperability Between Component of COM and .NET	10
2.6 Construction of Three-Dimensional planning decision support system.....	11
2.7 3D GIS Software.....	12
2.7.1 Introduction of main 3D GIS platform	13
2.7.2 Comparison of 3D GIS platform.....	15
2.8 Summary	16
Chapter 3 System Analysis and the Whole Framework Design.....	17
3.1 System Requirements Analysis.....	17
3.1.1 Present Situation Analysis.....	17
3.1.2 The Implementation Target of System.....	18
3.1.3 System Requirements.....	19
3.1.4 Non-Functional Requirements of The System.....	20
3.2 System Design	21
3.2.1 System Design Principles	21

3.2.2 System Network Architecture Design.....	23
3.2.3 Function Module Design.....	23
3.3 Development Pattern and Hardware and Software Requirements	24
3.3.1 System Software Requirements	24
3.3.2 System Software Requirements Select	25
3.3.3 System Hardware Requirements.....	26
3.4 Summary	27
Chapter 4 Building 3D Modeling and Scene	28
4.1 Approach of the Building Three-Dimensional Modeling	28
4.2 Airborne Lidar Modeling.....	28
4.3 Airborne Lidar Technology Overview	29
4.3.1 Airborne Lidar Introduction.....	29
4.3.2 Components of Airborne Lidar System	30
4.3.3 Characteristics and Advantages of Airborne Lidar	31
4.4 Overview of The Oblique Aerial Photography Technology	31
4.4.1 Introduction of Oblique Aerial Photography	32
4.4.2 Working Principle of Oblique Aerial Photograph.....	32
4.4.3 Technical Characteristics of Oblique Aerial Photography	33
4.5 Three-Dimensional Modeling	34
4.5.1 Three-Dimensional Modeling Technical Route	34
4.5.2 Production of Basic Topographical Data	36
4.5.3 Production of Real-Time 3D Model	39
4.6 Building The Three-Dimension Scene.....	45
4.7 Summary	47
Chapter 5 Three-Dimensional Model and Scene Data Organization	48
5.1 Characteristics of Three-Dimensional Model and Scene Data	48
5.2 Data Acquisition Based on Spatial Data Interface Specification	49
5.2.1 Interface Specification for Spatial Data Interoperability (OGC)	49
5.2.2 Web Map Service (WMS)	50

5.2.3 Web Feature Service (WFS)	51
5.2.4 Interface Specification for Spatial Data Interoperability Based on Skyline	51
5.3 Data Organization Mode Based on LOD(Levels of Detail)	52
5.3.1 LOD Technology.....	52
5.3.2 Algorithm of LOD Creation.....	53
5.3.3 Application of LOD technology in Three-Dimensional GIS	54
5.4 GIS Data Network Transportation Technology Using "Streaming"	55
5.4.1 Streaming Media Technology Overview.....	55
5.4.2 Application of Streaming Media Technology in Three-Dimensional GIS ..	55
5.5 Efficient Data Compression Method Based on JPEG2000	56
5.5.1 JPEG2000 Technology Overview	56
5.5.2 Application of JPEG2000 Data Compression Technology in 3D GIS.....	57
5.6 Summary	58
Chapter 6 Realization of 3D Planning Decision Support System	59
6.1 Key Technology Implementation of System	59
6.1.1 Application of Component GIS Technology.....	59
6.1.2 Three-Dimensional System Platform.....	60
6.1.3 Skyline Software Support Re-Development.....	62
6.2 The Realization of System Function	62
6.3 Alternating Operation of The 3D Scene	63
6.4 Three-Dimensional Objects Edit	66
6.4.1 Rapid Modeling Technology.....	66
6.4.2 DEM Edit	67
6.4.3 Create Three-Dimensional Annotation	67
6.4.4 Rapid Model Import and Update Function	68
6.5 Spatial Measurement.....	68
6.5.1 Horizontal Distance Measurement.....	68
6.5.2 Spatial Distance Measurement.....	69
6.5.3 Vertical Distance Measurement	69

6.5.4 Area Measurement	70
6.6 Planning Information Query and Scheme Evaluation.....	71
6.6.1 General Layout Import.....	71
6.6.2 Compare of Planning Schemes	72
6.6.3 Two-dimensional and Three-Dimensional Interaction.....	73
6.6.4 Building Volume Adjustment.....	74
6.6.5 Planning Index Calculation.....	74
6.6.6 Planning Information Query	75
6.6.7 Spatial Information Query	76
6.6.8 Statistical Analysis	76
6.7 Planning Assisted Decision-making Analysis	76
6.7.1 Comparative Analysis	76
6.7.2 Skyline Analysis.....	77
6.7.3 Sunlight Analysis	78
6.7.4 Visible Analysis	80
6.7.5 Viewshed Analysis.....	80
6.7.6 Facade And Profile Analysis.....	81
6.7.7 Demolition Analysis.....	81
6.7.8 High Control Analysis.....	82
6.8 Summary	82
Chapter 7 Conclusions and Prospect.....	83
7.1 Conclusions.....	83
7.2 Prospect	83
References	85
Acknowledgements	87

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

城市规划辅助决策支持系统是一种基于 GIS (Geographic Information System) 的能辅助决策人员作出正确决策的人—机系统。它旨在根据城市的发展、规划与建设工作的具体情况,充分利用数据库管理系统)、GIS 等现代高科技手段^[1],采用先进的计算机软硬件设备,以实现规划区范围内城市规划、建设与管理工作的信息共享与业务应用,通过提供各种各样的空间分析手段和量化分析技术及辅助决策支持模型,辅助政府决策者或规划师对目前城市发展、规划与建设中面临的诸多问题,如建设项目选址、用地评价、道路布置、旧城改造、房屋拆迁、生态保护等,提供可能的结构化决策或半结构化决策解决方案^[2]。

近年来,随着乌鲁木齐市经济的快速发展和城市化进程的加快,城市基础设施成倍增加,城市规模日益扩大,城市规划管理工作日益繁重,规划审批及管理过程中涉及数据类型和数据量越来越大,加上政府对城市规划现代化、规划政务公开的要求越来越高,传统的管理方法已经不能适应新形势的发展和变化的要求。长期以来城市规划管理部门只具有二维、平面、孤立环境审批手段,无法把单体景观效果与其在现实环境中的协调性和区域景观进行比较推敲^[3]。为解决这些问题,需建立乌鲁木齐市城市三维规划辅助决策支持系统,在真实立体三维、可视化、多角度的大环境中,进行规划、建筑设计方案的多方案比较推敲,实现局部的规划和建筑设计方案与区域景观综合分析与判断,使方案的确定直观化、与周边环境协调化,从而为规划的编制与审批、建设项目的审批提供决策的依据,提高规划决策的合理性和准确性。

在这一背景下,“三维城市规划辅助决策支持系统”应运而生,系统建设综合运用航空遥感技术、全球卫星定位技术、激光雷达技术、激光点云建模和倾斜摄影、三维地理信息系统技术、虚拟现实技术、计算机可视化技术和空间数据库技术,利用高分辨率航空影像、数字高程模型 DEM,以全球领先的三维 GIS 平台 Skyline 软件为基础,融入乌鲁木齐市主城区三维立体模型数据,通过模拟真实的地形地貌和建筑场景,在电脑中构建出一个具有精确地理精度的三维乌鲁木齐

环境,为用户提供了一个与真实生活环境一样的三维城市场景。系统可以将平面设计方案以三维立体模型的方式从任意角度、任意位置来审视方案效果,并通过方案场景的替换、模型位置的移动、建筑物高度的变化、日照分析、信息查询、规划指标计算等手段功能,呈现详细的规划方案及相关联的属性信息和规划指标信息,为决策者提供直观、可靠的辅助决策依据,使得城市规划信息的采集、利用和方案报批的定位、定量、定性更加科学直观,通过虚拟场景来实现立体的规划审批,为规划管理提供更科学、更精细、更强大的决策支持,显著提高了城市规划管理效率,具有广泛的应用前景。

1.2 三维 GIS 在规划行业应用进展

随着三维 GIS 技术、计算机技术的快速发展,国内外三维 GIS 软件无论是在产品功能的丰富性、开发接口的扩展性方面都取得了很大的进步,很多在成熟二维 GIS 平台上已有的功能在三维 GIS 平台上也逐步实现,并已向二三维一体化 GIS 平台的方向发展。三维 GIS 技术的快速发展为城市规划辅助决策系统的建设奠定了可行性基础。近年来,国际上对于城市三维空间信息自动获取和空间建模方面取得不少积极进展,三维 GIS 城市建模也引起了我国学者和相关企业的广泛关注,纷纷开展了对三维 GIS 关键技术问题的深入研究。

国外对三维 GIS 研究开展的较早,在城市规划领域也得到了比较广泛的应用。如 Masahiko Murata 基于 ArcGIS 的 3DAnalyst 开发了城市三维 GIS 分析系统,实现了城市建筑空间的可视化,分析城市规划的控制规定与建筑环境的关系,模拟城市开发计划,为地方政府的决策以及公众参与提供技术支持^[4]。这个系统能够通过图层的叠加,在浏览三维城市模型的同时,浏览相关的信息,如航拍图、土地利用区划信息等等;完成基于各种属性信息的查询和搜索,并显示查询结果;估算地块的容量,并计算地块建设开发量与容量之间的差值;模拟规划建筑项目,将规划建筑置于城市现有的空间环境中,评价建筑在体量和形体上对城市环境的影响;输出模拟场景,并在网上发布,增加公众对城市开发建设的了解和认识,为公众参与提供信息支持。这个系统在实践中发挥了巨大的作用,被认为是解决现代城市问题的有力辅助工具。

我国在这方面虽然起步较晚,但通过借鉴和利用国外最新的技术成果,发展

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库